Aus der Universitätsfrauenklinik Basel – Direktor: Prof. Th. Koller
Arbeit unter Leitung von Prof. J. Berger, stellvertretender Direktor

Untersuchung über die Verteilung der Geburtstermine bei der mehrgebärenden Frau

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der gesamten Heilkunde der
Medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von
PETER WALSER
von Basel und Teufen AR

1967

Basel 1968
Druck: Schwabe & Co · Basel

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546022_0079

Aus der Universitätsfrauenklinik Basel – Direktor: Prof. Th. Koller
Arbeit unter Leitung von Prof. J. Berger, stellvertretender Direktor

Untersuchung über die Verteilung der Geburtstermine bei der mehrgebärenden Frau

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der gesamten Heilkunde der
Medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von
PETER WALSER
von Basel und Teufen AR

Basel 1968
Druck: Schwabe & Co · Basel

Von der Medizinischen Fakultät der Universität Basel
genehmigt auf Antrag von Prof. Th. Koller

Tag der Promotion: 20. März 1967

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Mathematisch-statistische Auswertung durch K. Diem (J. R. Geigy AG., Basel).

Vorabdruck aus den «Helvetica Paediatrica Acta» Supplementum XX.

Vorwort

Jedem Geburtshelfer ist wahrscheinlich schon aufgefallen, daß in wiederholten Fällen mehrgebärende Frauen zur Geburt ihrer Kinder jeweils fast zum gleichen Datum in die Klinik eintreten. Zur Illustrierung mögen folgende Beispiele aus unserem Material dienen:

Fall Nr.	1. Geburt	2. Geburt	3. Geburt	4. Geburt	5. Geburt	6. Geburt
102	2. 10. 52	15. 10. 53	9. 1. 55	19. 1. 58	9. 1. 60	1. 12. 62
113	21. 2. 57	9. 3. 61	5. 3. 63			
130	3. 11. 60	30. 12. 61	24. 12. 62			
137	15. 3. 56	17. 3. 58	20. 3. 63			
151	13. 8. 54	29. 8. 55	26. 9. 57	25. 9. 59	4. 11. 62	
199	6. 9. 53	9. 10. 55	7. 11. 56			
261	26. 5. 59	28. 5. 60	18. 5. 61			
264	15. 4. 59	5. 3. 61	6. 4. 63			
319	18. 7. 59	17. 8. 60	21. 7. 62			
393	2. 12. 59	26. 1. 61	26. 1. 63			
403	12. 9. 58	29. 9. 59	15. 9. 61			
453	12. 7. 54	4. 8. 56	30. 8. 62			
471	13. 5. 57	4. 6. 59	14. 6. 61			
519	22. 4. 53	9. 3. 59	4. 4. 63			
555	22. 3. 55	12. 3. 60	23. 2. 63			
676	25. 6. 53	6. 7. 60	6. 6. 62			

Bei den Fällen Nr. 102, 264 und 393 hatten wir auf eine Anfrage (Fragebogen) hin erfahren, daß sämtliche Kinder erwünscht gewesen seien. Die entsprechenden Geburtsdaten können daher besonders als unbeeinflußt gelten. Auf Grund solcher Beobachtungen trat die Frage auf, ob die Frau im Verlaufe eines Jahres individuell bevorzugte Gebärzeiten habe, die unabhängig von äußeren Einflüssen, wie z. B. von Maßnahmen zur Geburtenregelung, seien.

Somit stellte sich die Aufgabe, mittels statistischer Kriterien zu prüfen, ob diese individuellen Gesetzmäßigkeiten bei der Verteilung der Geburtstermine mehrgebärender Frauen tatsächlich bestehen. Oder handelt es sich dabei vielmehr um eine scheinbare Regelmäßigkeit, d. h. um einzelne besonders auffallende Fälle, die – insgesamt gesehen – dem Gesetz der zufälligen Verteilung gehorchen? Es sollte also festgestellt werden, ob die jahreszeitliche Verteilung der Geburtstermine bei Mehrgebärenden im Vergleich zur zufälligen Verteilung eine Verdichtung oder «Spreizung» zeige. Gelänge der Nachweis einer Verdichtung oder etwas Ähnlichem, so ergäbe sich daraus die schwierige Frage der Interpretation: Besteht eine periodische Fruchtbarkeit der Frau oder des Mannes und spielen dabei klimatische Einflüsse (Jahreszeit, örtliche Klimaunterschiede usw.) eine Rolle, oder handelt es sich um den Ausdruck bestimmter Lebensgewohnheiten und deren Ursachen (Gewohnheiten des Einzelnen oder des Kollektivs, weltanschauliche Einflüsse usw.)? Es ließen sich interessante Parallelen zu den Verhältnissen im Tierreich ziehen.

Bei den wild lebenden Säugetieren sind Periodizitäten der Brut- und Wurfzeiten bekannt. Sie sind bedingt durch ein kompliziertes Zusammenwirken von exogenen Faktoren (Temperatur, Dauer und Intensität der Ultraviolettbestrahlung, Futterangebot usw.) und endogenen Faktoren (Periodizität der Fruchtbarkeit des weiblichen Tieres). Das Zusammenspiel solcher Faktoren läßt sich auch tierexperimentell nachprüfen (Bloch u. a.). Die durch Selektion hervorgebrachte Fähigkeit einer Tierart, zu einer bestimmten Jahreszeit zu brüten, kann als Antwort auf die in dieser Jahreszeit vorherrschenden Bedingungen aufgefaßt werden. Daraus würde folgen, daß bei konstanten Umweltbedingungen eine begrenzte periodische Brutzeit fehlen würde, was tatsächlich z. B. bei Walen der Fall ist. Interessant ist auch die Tatsache, daß bei bestimmten Huftieren die wild lebende Art, wie die nordamerikanische Bisonkuh, streng umschriebene Zeiten der Fruchtbarkeit im Ablauf des Jahres hat, während die Kuh als Haustier das ganze Jahr hindurch fruchtbar ist. Die Affen hingegen zeigen eine ununterbrochene Folge von Zeiten der Fruchtbarkeit und Unfruchtbarkeit. Die Dauer der einzelnen Perioden mit den ihnen zugrunde liegenden organischen Veränderungen ähnelt jenen bei der Frau. Trotzdem werfen Affen ihre Jungen nur zu einer bestimmten Jahreszeit. Diese umschriebenen Gebärzeiten finden sich noch bei gewissen Indianerstämmen Nordamerikas sowie bei den Eskimos. Bei zivilisierten Völkern kommen sie jedoch nicht mehr vor.

Es ist seit langem bekannt, daß sich in den monatlichen Geburtenzahlen eines Kollektivs eine bestimmte jahreszeitliche Periodizität zeigt. Nach Marshall fallen die Konzeptionsmaxima zeitlich mit dem Auftreten der erhöhten Durchschnittstemperatur im Frühling zusammen. Entsprechend dem früheren Frühlingseintritt im Süden als im Norden verschieben sie sich von Griechenland bis Schweden vom April bis zum Juni. Ein zweites Kon-

zeptionsmaximum liegt unabhängig von der geographischen Lage im Dezember. Die Geburtenmaxima fallen demnach je nach der geographischen Lage in die Monate Januar bis März und Dezember. Nach FASLER, dessen Arbeit, wie die unsere, auf Geburten in Basel basiert, liegen die Geburtenmaxima in den Monaten Januar bis Mai und Juli, nach BENELLI und MARIOTTI, die ihr Material aus Mittelitalien bezogen, in den Monaten Januar bis März und September.

Zu dem Thema der jahreszeitlichen Verteilung der Geburten liegen ausführliche statistische Untersuchungen vor. Über die obenerwähnte Fragestellung ist bisher in der Literatur nichts veröffentlicht worden.

Ausgangsmaterial

Die Arbeit basiert auf den ersten 3 Geburten von 700 Mehrgebärenden. Die Fälle wurden dem Geburtenregister der Basler Frauenklinik vom April 1962 bis April 1963 fortlaufend entnommen, wobei keine andere Auswahl als diejenige der Multiparität getroffen wurde. Die Beschränkung auf die ersten 3 Geburten einer Familie erfolgte, weil relativ wenige der 700 Frauen mehr als 3 Kinder zur Welt brachten: 227 Frauen hatten mehr als 3 Geburten, davon 154 Frauen 4, 44 Frauen 5, 29 Frauen 6 und mehr Kinder. Wenn diese Zahlen alleine auch nicht so klein erscheinen, so würden sie es doch im Verlaufe der Untersuchung infolge der aus statistischen Gründen notwendigen Unterteilung in weitere Untergruppen. Einigermaßen zuverlässige Schlüsse ließen sich daraus nicht mehr ziehen. Aus den gleichen Erwägungen heraus mußte auch auf die genauere statistische Auswertung der Antworten auf einen an alle 700 Frauen versandten Fragebogen verzichtet werden. Es waren dabei folgende Fragen gestellt worden:

1. Waren sämtliche Schwangerschaften, die zur Geburt eines Kindes führten, erwünscht? (Antwort mit Ja oder Nein.)
2. Gibt es unter Ihren Schwangerschaften, die zur Geburt eines Kindes führten, solche, bei denen Sie einen bestimmten Geburtstermin berechneten oder erwünschten? Wenn ja, bitte genaue Angabe des Geburtsdatums des betreffenden Kindes.

Es gingen 316 Antworten ein, wovon 124 die Frage 1 mit «Ja» und 192 mit «Nein» beantworteten. Die Frage 2 wurde in 74 Fällen bejaht.

Der anschließende Untersuchungsteil der Arbeit wird zunächst die Ebene des Biologischen verlassen und in rein mathematische Gebiete führen. Dennoch werden sich schließlich praktische Schlußfolgerungen ziehen lassen.

Die Untersuchung unseres Problems führt in das Gebiet der Zufallsveränderlichen, die auf dem Kreisumfang definiert sind. Dies erschwert die mathematisch-statistische Untersuchung in verschiedener Hinsicht. Mittelwerte und Streuungen im üblichen Sinne, die in offenen Topologien, wie z. B. auf unendlichen Geraden, sehr wirksame Instrumente der statistischen Prüfung darstellen, verlieren auf der geschlossenen Kreislinie ihren Sinn. Man muß an ihrer Stelle andere Parameter konstruieren, die sich in der Regel auf die Vektorrechnung stützen. Diese liegt auch unserer Betrachtung zugrunde, ohne explizit in Erscheinung zu treten.

Um die Arbeit zu vereinfachen, werden die Zeitabstände im folgenden auf ganze Monate gerundet und diese einem Zwölftel eines Jahres gleichgesetzt. Die damit in die Rechnung eingeschleppten Fehler gleichen sich aus.

Definition 1

Die in ganzen Jahren und Monaten ausgedrückte Zeitspanne zwischen zwei aufeinanderfolgenden Geburten innerhalb einer Familie bezeichnen wir als *linearen Zeitabstand.*

Beispiel 1: Die erste Geburt erfolgte am 15. Februar 1950, die zweite am 7. Juni 1952. Der lineare Zeitabstand beträgt 2 Jahre 4 Monate.

Beispiel 2: Die zweite Geburt erfolgte am 7. Juni 1950, die dritte am 15. Februar 1952. Der lineare Zeitabstand beträgt 1 Jahr 8 Monate.

Definition 2

Den in Monaten ausgedrückten Bruchteil eines Jahres des linearen Zeitabstandes bezeichnen wir als *Kreiszeitabstand* oder *-distanz.* Die Kreiszeitabstände von Beispiel 1 und 2 betragen 4 bzw. 8 Monate (vgl. Abb. 1 und 2).

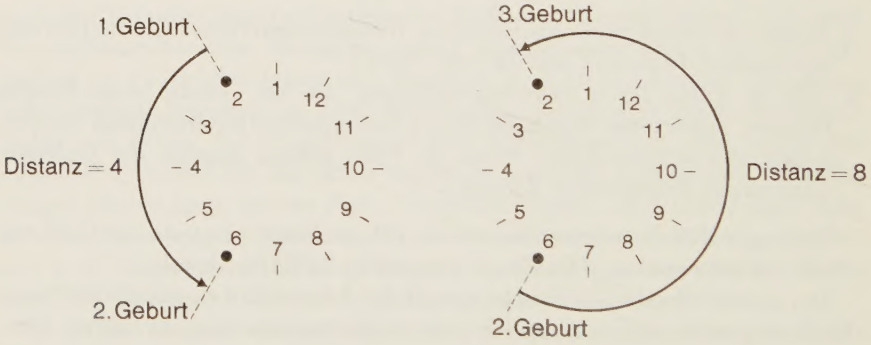


Abb. 1 und 2. Definition der Kreiszeitabstände.

Beträgt der lineare Zeitabstand exakt n Jahre ($n = 1, 2, 3 \ldots$), so ist der Kreiszeitabstand gleich Null. Der Kreiszeitabstand kann somit zwischen 0 und 11 Monaten variieren.

Definition 3

Fallen beispielsweise die Geburten einer Familie in die Monate Januar, März und Dezember, so betragen die monatlichen Abstände zwischen den Geburten (ohne Rücksicht auf ihre Reihenfolge)

Januar–März = 2 Monate
März–Dezember = 9 Monate
Dezember–Januar = 1 Monat

2 dieser Segmente bezeichnen wir mit x und y mit der Vorschrift, daß $x < y < 12-(x+y)$ sei. Im obigen Beispiel ist somit $x = 1$ und $y = 2$.

Die Komponenten x und y können folgende Beträge annehmen:

$$\text{wenn} \quad \begin{cases} x = 0 \\ x = 1 \\ x = 2 \\ x = 3 \\ x = 4 \end{cases} \quad \begin{cases} 0 \leqslant y \leqslant 6 \\ 1 \leqslant y \leqslant 5 \\ 2 \leqslant y \leqslant 5 \\ 3 \leqslant y \leqslant 4 \\ y = 4 \end{cases} \quad \text{(vgl. Tabelle 1)}$$

Die xy-Komponenten können auch aus den Kreiszeitdistanzen erhalten werden, wie dies Abb. 3–5 zeigen.

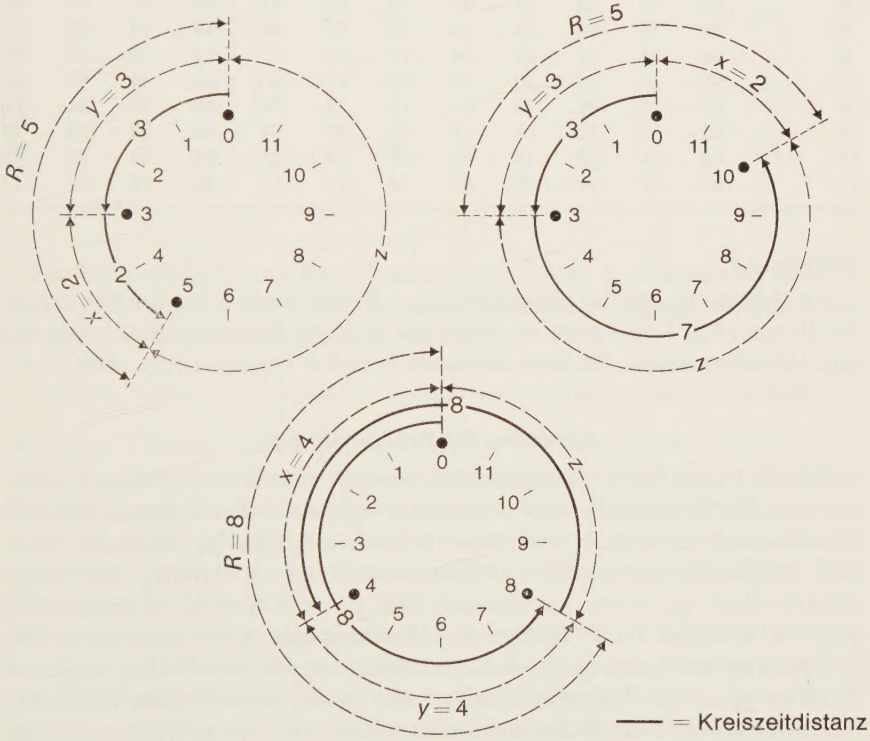


Abb. 3–5. Ableitung der xy-Komponenten und der 3er-Ranges aus den Kreiszeitabständen.

Tabelle 1 zeigt die $12 \times 12 = 144$ möglichen xy-Kombinationen, die sich aus der Mischung der Kreiszeitdistanzen der 1.–2. Geburt mit jenen der 2.–3. Geburt ergeben.

Diese Definition der xy-Komponenten stützt sich nur auf die kleinsten Winkel zwischen den 3 Geburten einer Familie und läßt ihre Reihenfolge und ihre jahreszeitliche Lage außer Betracht.

Tabelle 1

Alle möglichen Kombinationen der xy-Komponenten

Kreiszeitdistanz 2.–3. Geburt	Kreiszeitdistanz 1.–2. Geburt 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	00	01	02	03	04	05	06	05	04	03	02	01
1	01	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11	01
2	02	12	22	23	24	25	24	23	22	12	02	11
3	03	13	23	33	34	34	33	23	13	03	12	12
4	04	14	24	34	44	34	24	14	04	13	22	13
5	05	15	25	34	34	25	15	05	14	23	23	14
6	06	15	24	33	24	15	06	15	24	33	24	15
7	05	14	23	23	14	05	15	25	34	34	25	15
8	04	13	22	13	04	14	24	34	44	34	24	14
9	03	12	12	03	13	23	33	34	34	33	23	13
10	02	11	02	12	22	23	24	25	24	23	22	12
11	01	01	11	12	13	14	15	15	14	13	12	11

Definition 4

Die Summe $(x+y)$ der oben definierten Komponenten bezeichnen wir als 3er-Range (R_3). Der Range ist somit der kleinste Kreisbogen, auf dem die drei Geburten liegen. Er kann zwischen 0 und 8 betragen (vgl. Abb. 3–5).

Ableitung der Prüfverteilung

Tabelle 1 zeigt die xy-Komponenten, die sich aus allen möglichen Kombinationen der Kreiszeitdistanzen elementar ergeben. Jeder Kolonne k (Kreiszeitabstand 1.–2. Geburt) kann eine Wahrscheinlichkeit p_k zugeordnet werden, desgleichen jeder Zeile z (Kreiszeitabstand 2.–3. Geburt) eine Wahrscheinlichkeit p_z, wobei die Summe aller $p_k = 1$ und die Summer aller $p_z = 1$ betragen muß. Erfolgt die Mischung der Kreiszeitabstände der 1.–2. Geburt mit jenen der 2.–3. Geburt stochastisch unabhängig, so ist das Produkt $p_k\, p_z$ die Wahrscheinlichkeit der in der betreffenden Kolonnen-Zeilen-Kreuzung befindlichen xy-Kombination. Die 144 möglichen Kombinationen der Kreiszeitabstände ergeben folgende Gruppenhäufigkeiten der xy-Komponenten bzw. der 3er-Ranges:

Tabelle 2

xy-Kombination	Häufigkeit	Range	Häufigkeit	Kumulierte Häufigkeit
00	1	0	1	1
01	6	1	6	7
11	6	2	12	19
02	6			
12	12	3	18	37
03	6			
22	6	4	24	61
13	12			
04	6			
23	12	5	30	91
14	12			
05	6			
33	6	6	33	124
24	12			
15	12			
06	3			
25	6	7	18	142
34	12			
44	2	8	2	144
	144		144	

Die Reihenfolge der *xy*-Kombinationen in Tabelle 2, zunächst 00, dann 01 usw., ergibt sich aus ihrer abnehmenden *Dichte* oder *Ballung*, die durch den mittleren Vektor *r* ausgedrückt werden kann:

$$\text{Mittlerer Vektor } r = \frac{1}{3}\sqrt{[\sin 30\,x + \sin 30\,(x+y)]^2 + [1 + \cos 30\,x + \cos 30\,(x+y)]^2}$$

(wenn für 1 Monat = 30 Tage, für 1 Jahr = 360 Tage gesetzt werden).

So beträgt der mittlere Vektor der *xy*-Kombination 00 Eins (vollständige Ballung), jener der Kombination 44 Null (vollständige Spreizung).

Im folgenden können wir auf die Vektorrechnung verzichten, weil die elementare *xy*-Darstellung sämtliche Informationen enthält. (Eine Einführung in die Vektorrechnung gibt Batschelet.)

Aus unserem Material der ersten 3 Geburten von 700 Mehrgebärenden wurden für die Geburten jeder Frau zunächst nach den vorausgegangenen Definitionen die linearen Zeitabstände, die Kreiszeitdistanzen, die *xy*-Kombinationen und die 3er-Ranges errechnet. In allen folgenden Prüfungen werden die so erhaltenen Frequenzen mit «Emp.» (empirisch) bezeichnet, die ihnen gegenübergestellten Erwartungswerte mit «E».

Unsere Darstellung hält sich eng an den tatsächlichen Verlauf unserer Untersuchungen. Nachträglich hätte die Gestaltung eleganter und kürzer erfolgen können, womit aber der Einblick in die Entwicklung und in die allmähliche Vertiefung einer solchen biologisch-statistischen Untersuchung verwischt worden wäre.

Tabelle 3

Vergleich der empirischen xy-Komponenten und der 3er-Ranges mit den aus einer gleichverteilten Polynomialverteilung errechneten Werten

xy				R_3					
xy	E(xy)	Emp.	χ^2	R_3	E(R_3)	Emp.	χ^2	Haldane	
								Diff.	O
00	4,866...	11	7,730	0	4,866...	11	7,730	+	1*
01	29,166...	33	0,504	1	29,166...	33	0,504	+	2*
11	29,166...	32	0,275	2	58,33...	67	1,288	+	3*
02	29,166...	35	1,167						
12	58,33...	61	0,122	3	87,5	104	3,111	+	4*
03	29,166...	43	6,561						
22	29,166...	26	0,344	4	116,66...	104	1,375	—	5
13	58.33...	50	1,190						
04	29.166...	28	0.047						
23	58.33...	49	1.493	5	145,833...	138	0,421	—	6
14	58.33...	59	0,058						
05	29.166...	30	0.024						
33	29,166...	32	0,275	6	160,4166...	156	0,122	—	7
24	58,33...	40	5,762						
15	58.33...	68	1.602						
06	14,5833...	16	0,138						
25	29,166...	23	1,304	7	87,5	78	1,031	—	8
34	58.33...	55	0,190						
44	9,722...	9	0,054	8	9,722...	9	0,054	0	
	700,00	700	28,840		700,00	700	15,636		10*

χ^2-Test: $\nu = 19—1 = 18$; $P \sim 0{,}05$.

χ^2-Test: $\nu = 9—1 = 8$; $P \sim 0{,}05$.

Haldane-Test über zufällige Reihenfolge:
Diff. = Vorzeichen der Differenz (Emp.—E[R_3]).
O = Ordnungszahl der Reihenfolge.
* Total = 10; $n_1 = 4$, $n_2 = 4$.

$$P = \frac{1}{\binom{8}{4}} = 0{,}0143.$$

Hypothese 1

Fallen die Geburtsdaten von 3 Kindern einer Familie in die Monate Juni und Juli, in den Zeitraum von zwei Monaten, so ist man im Hinblick auf ähnliche Beobachtungen an anderen Familien versucht, von einer familiären Verdichtung oder Ballung der monatlichen Geburtsdaten zu sprechen. Unausgesprochen wird dabei angenommen, größere Abstände von 3, 4 ... 10, 11 Monaten seien gleich wahrscheinlich. Wie aber früher gezeigt wurde, beträgt nach Definition 4 der größtmögliche Abstand eines Geburtentripels 8 Monate. 124 von 144 Geburtentripeln (86%) liegen innerhalb von 6 Monaten (siehe Tabelle 2). Die Vermutung einer familiären Ballung der monatlichen Geburtsdaten könnte deshalb auf einer Täuschung beruhen.

Zur mathematisch-statistischen Prüfung machen wir nun folgende Überlegung: Wenn die Wahrscheinlichkeit, daß eine Geburt in irgendeinen der Kalendermonate fällt, für jeden Monat gleich groß ist (1/12), so muß auch die Wahrscheinlichkeit jeder Kreiszeitdistanz 0-11 gleich groß sein (1/12). Mischen sich außerdem die Kreiszeitdistanzen der 1.–2. Geburt und der 2.–3. Geburt unabhängig, so ergeben die Häufigkeiten der Tabelle 2 die Wahrscheinlichkeiten für die xy-Kombinationen oder den Range, indem man sie durch 144 dividiert.

Der Range 4 hat z. B. die Wahrscheinlichkeit 24/144 = 1/6. Multipliziert mit 700, dem Umfang unserer Stichprobe, ergeben diese Wahrscheinlich-

Tabelle 4

Vergleich der Geburtsfrequenzen pro Kalendermonat mit einer gleichverteilten Polynominalverteilung. Erwartete Häufigkeit pro Kalendermonat E = 700:12 = 58⅓

Kalendermonat	1. Geburt		2. Geburt		3. Geburt	
	Emp.	χ^2	Emp.	χ^2	Emp.	χ^2
1	66	1,008	54	0,188	58	0,002
2	63	0,373	68	1,602	76	5,350
3	64	0,550	59	0,008	72	3,202
4	48	1,830	53	0,488	36	8,550
5	64	0,550	65	0,762	42	4,573
6	74	4,208	58	0,002	61	0,121
7	70	2,333	61	0,122	53	0,488
8	59	0,004	57	0,030	63	0,373
9	54	0,322	56	0,093	55	0,190
10	51	0,922	58	0,002	70	2,333
11	45	3,048	53	0,488	64	0,550
12	42	4,573	58	0,002	50	1,190
	700	19,721	700	3,787	700	26,922

$\nu = 12-1 = 11$. $P \sim 0{,}05$. $P \sim 0{,}98$. $P \sim 0{,}005$.

Tabelle 4 (Fortsetzung)

Vergleich der *xy*-Komponenten und der 3er-Ranges mit den aus den Geburtsfrequenzen pro Kalendermonat errechneten Erwartungswerten

xy					R_3					
xy	p_i	E	Emp.	χ^2	*R*	E	Emp.	χ^2	Haldane	
									Diff.	O
00	0,007040	4,94	11	7,434	0	4,94	11	7,434	+	1*
01	0,041780	29,25	33	0,481	1	29,25	33	0,481	+	2*
11	0,041215	28,85	32	0,351	2	57,68	67	1,506	+	3*
02	0,041180	28,83	35	1,320						
12	0,082588	57,81	61	0,176	3	87,12	104	3,271	+	4*
03	0,041877	29,31	43	6,394						
22	0,041157	28,81	26	0,274	4	116,81	104	1,405	—	5
13	0,083524	58,47	50	1,227						
04	0,042184	29,53	28	0,079						
23	0,083009	58,11	49	1,428	5	146,22	138	0,462	—	6
14	0,083785	58,64	59	0,002						
05	0,042109	29,47	30	0,010						
33	0,041723	29,21	32	0,266	6	160,3	156	0,153	—	7
24	0,082934	58,05	40	5,612						
15	0,083432	58,40	68	1,578						
06	0,020911	14,64	16	0,126						
25	0,041578	29,10	23	1,279	7	87,84	78	1,102	—	8
34	0,083921	58,74	55	0,238						
44	0,014051	9,84	9	0,072	8	9,84	9	0,078	0	
	0,999998	700,00	700	28,347		700,00	700	15,892		10*

Resultate des χ^2- und Haldane-Tests wie Tabelle 3. Erklärungen zum Haldane-Test siehe Tabelle 3.

ketten die Erwartungswerte der 1. Arbeitshypothese, mit denen in Tabelle 3 die empirischen Frequenzen verglichen werden.

Tabelle 3 bestätigt eine familiäre Verschiebung der monatlichen Geburtsdaten mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,05 (zweiseitig): Die Frequenzen der kleineren Ranges 0–4 sind durchwegs höher, die der größeren Ranges durchwegs niedriger als erwartet[1].

Hypothese 2

In der 1. Hypothese wird eine Gleichverteilung der Geburten auf die 12 Kalendermonate vorausgesetzt. Die entsprechende Prüfung in Tabelle 4

[1] Dieser *Trend* wird durch den Test nach HALDANE geprüft. Der χ^2-Test wertet die *Größe* der Differenz zwischen Erwartung und Stichprobe.

Tabelle 5. Empirische Verteilung der linearen Zeitabstände und der Kreiszeitabstände

Monate	Jahre 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Frequenz der Kreiszeitabstände
										1.–2. Geburt											
0		38	17	11	3	2	2	1		2	1			1							78
1		36	16	8	4	2	1	1													68
2		25	13	5	4	4	4	1													56
3		40	16	9	1	3	3	1	1	1											75
4		31	13	14	4	2	1	1													66
5		33	15	5	2	2			1				1								59
6		38	13	9	3		1		1		1										66
7		31	15	2	2			1													51
8		15	7	6	4	3	1	1			1	1									39
9	3	22	10	6	4	1	1	1								1					49
10	4	14	6	8	1	3	2	2													40
11	13	19	13	2	1	3	1		1												53
	20	342	154	85	33	25	17	10	4	3	3	1	1	1	0	1					700
													10								
										2. 3. Geburt											
0		27	25	10	7	3	1		1											1	75
1		30	22	9	2		1	1	1		2	2									70
2		29	12	8	2	4		2	1	1											59
3		33	9	14	4	2	4	4	2			2									74
4		27	13	6		5	3	3				1		1							59
5		35	13	1	5	4	2			1		1									62
6		22	10	8	4	1	2	1	1		1			1							51
7		25	13	5	6	4		2	1		1		1								58
8		17	12	4	3	1															37
9	1	17	12	6	4	4	1	2													47
10	1	16	14	6	5	3	2	1			2										50
11	9	20	9	6	2	5	2	2	2							1					58
	11	298	164	83	44	36	18	18	9	2	6	6	1	2	0	1	0	0	0	1	700
															19						

oben zwingt uns aber zur Verwerfung dieser Voraussetzung. Wir errechneten deshalb unter der Annahme einer unabhängigen Mischung eine weitere Prüfverteilung, der die *empirischen* Geburtsfrequenzen pro Kalendermonat (siehe Tabelle 4, S. 11) zugrunde liegen. Die Wahrscheinlichkeit, daß z. B. alle 3 Geburten einer Familie im Januar liegen, d. h. eine der 12 möglichen Wahrscheinlichkeiten in der Gruppe $xy = 00$, ist dann

$$\frac{66 \times 54 \times 58}{700 \times 700 \times 700} = 0{,}000602\ldots$$

Aus solchen Einzelwahrscheinlichkeiten addieren sich dann die Gruppenwahrscheinlichkeiten der xy-Kombination und der Ranges. Sie ergeben die Erwartungswerte der Tabelle 4 (S. 12). Sie sind praktisch gleich groß wie jene der Tabelle 3[1], das Prüfergebnis dementsprechend. Die *ungleichmäßige Verteilung der Geburten auf die Kalendermonate ist somit nicht der Grund der Verdichtung der monatlichen Geburtsdaten einer Familie* (wenn die Mischung der Grundverteilungen unabhängig erfolgt).

Da in Hypothese 2 die zufällige Mischung der *empirischen* Grundverteilungen der Geburten pro Kalendermonat *nicht* zu der *empirisch* beobachteten Verteilung der xy-Komponenten und des Ranges führte, *muß die Voraussetzung der zufälligen Mischung falsch sein*. Dieser indirekte Schluß wird durch die empirische Verteilung der Kreiszeitdistanzen direkt bewiesen. Aus früheren Ausführungen geht hervor, daß bei unabhängiger Mischung sowohl gleichverteilter als auch ungleichverteilter Grundverteilungen (Geburten pro Kalendermonat) die resultierenden Kreiszeitdistanzen gleich verteilt bzw. annähernd gleich verteilt sein sollten. Tabelle 6 zeigt den drastischen Unter-

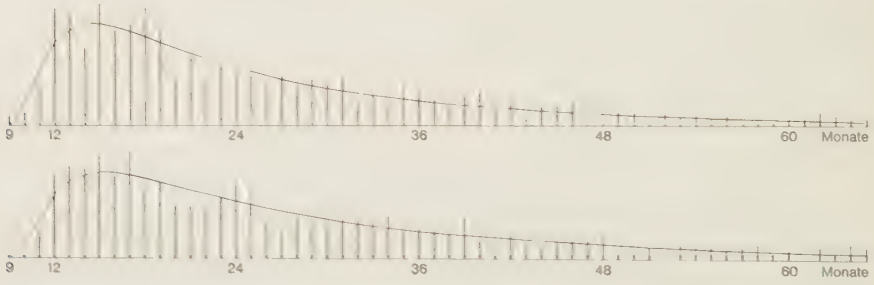


Abb. 6. Verteilung der linearen Zeitabstände: 1.–2. Geburt oben, 2.–3. Geburt unten. Die senkrechten Striche entsprechen den empirischen Frequenzen der Tabelle 5. Die ausgezogenen Kurven stellen die angepaßten logarithmischen Normalverteilungen dar.

[1] Dieses Ergebnis läßt sich intuitiv verstehen, weil bei unabhängiger Mischung Kalendermonate mit kleiner Frequenz sich mit solchen größerer Frequenz kombinieren und vice versa. Diese $12^3 = 1728$ schon ein wenig ausgeglichenen Wahrscheinlichkeiten werden dann in den 19 xy- bzw. den 9 Ranges-Gruppenwahrscheinlichkeiten noch mehr vermischt, wodurch der Ausgleich weiter verstärkt wird.

Tabelle 6

Vergleich der empirischen Kreiszeitdistanzen mit den Erwartungswerten E = 700:12 = 58⅓, wenn sie gleich verteilt wären

Kreiszeit-abstand	1.–2. Geburt		2.–3. Geburt	
	Emp.	χ^2	Emp.	χ^2
0	78	6,630	75	4,762
1	68	1,602	70	2,333
2	56	0,093	59	0,008
3	75	4,762	74	4,208
4	66	1,008	59	0,008
5	59	0,008	62	0,230
6	66	1,008	51	0,922
7	51	0,922	58	0,002
8	39	6,408	37	7,802
9	49	1,493	47	2,202
10	40	5,762	50	1,190
11	53	0,488	58	0,002
	700	30,184	700	23,669

$\nu = 12—1 = 11.$

$P \sim 0{,}0005.$ $\quad 0{,}01 < P < 0{,}025.$

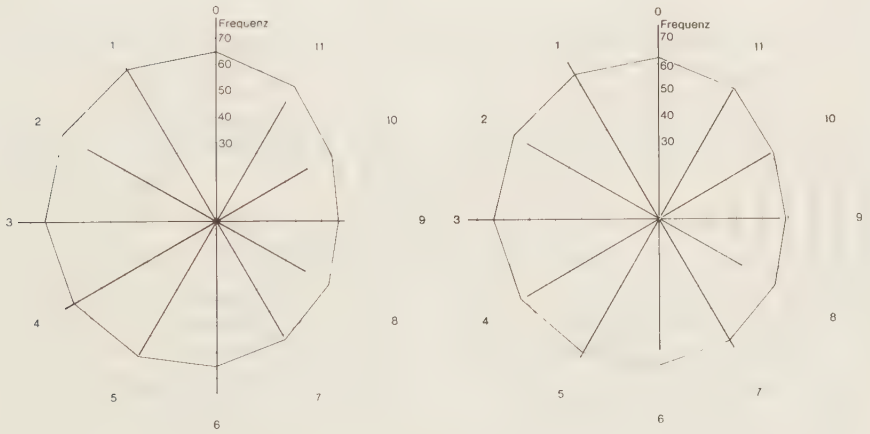


Abb. 7 und 8. Kreiszeitabstände 1.–2. Geburt (links) und 2.–3. Geburt (rechts). Die radialen Striche entsprechen den empirischen Frequenzen. Die eckigen Kurven verbinden die entsprechenden Häufigkeiten, die aus den angepaßten logarithmischen Normalverteilungen errechnet wurden.

Tabelle 7

1.–2. Geburt: Korrelation zwischen Datum der 1. Geburt und Kreiszeitdistanz 1.–2. Geburt
Oben: χ^2-Werte; unten: empirische Frequenzen (1. Kolonne) und Erwartungswerte (2. Kolonne)

Kalendermonat 1. Geburt	Kreiszeitdistanz 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	χ^2	
1	0,346	0,306	0,092	0,170	0,007	1,029	0,232	1,633	0,024	0,557	0,011	1,800	6,207	
2	0	0,133	0,200	1,153	0,137	4,168	0,002	0,426	0,071	0,445	0,100	0,675	7,510	
3	0,114	0,006	0,237	0,001	0,667	0,474	0,667	0,360	1,878	2,722	0,132	0,247	7,505	
4	0,017	0,615	2,695	0,237	1,389	0,250	1,389	1,786	0,033	0,047	0,181	3,211	11,850	
5	0,114	0,103	0,002	0,117	2,667	0,363	0,167	0,615	0,044	0,056	0,024	1,716	5,988	
6	0,176	0,006	0,612	1,065	0	0,781	0,571	1,252	0,880	0,008	1,867	0,064	7,282	
7	0,415	0,476	0,029	0,300	1,752	0,612	0,388	0,002	2,156	0,247	2,250	0,092	8,719	
8	0,297	0,086	0,360	0,014	5,600	0	3,457	0,021	0,027	0,002	0,576	0,500	10,940	
9	0,167	0,623	0,021	1,766	0,237	1,470	0,708	0,208	0	0,168	0,261	0,295	5,924	
10	0,296	0,200	1,076	0,409	0,008	0,393	1,633	2,943	0,514	0,006	0,279	0,781	8,538	
11	0,200	0,082	1,878	1,008	0,010	0,011	0,771	0,876	0,900	1,513	0,985	0,047	8,281	
12	0,104	0,198	0,753	0,056	0	0,643	0,250	1,423	0,039	1,521	0,817	0,450	6,254	
	2.246	2.834	7,955	6.296	12,474	10,194	10,235	11.545	6,566	7.292	7.483	9.878	94,998	

$p = (12-1)^2 = 121.$
$0{,}95 < P < 0{,}975.$
(0.05-Schranke für Zeilen- oder Kolonnentotale 19,675.)

1	9 7,4	5 6,4	6 5,3	6 7,1	6 6,2	8 5,6	5 6,2	2 4,8	4 3,7	3 4,6	4 3,8	8 5,0	66	66,1
2	7 7,9	7 6,1	6 5,0	4 6,8	5 5,9	10 5,3	5 5,9	6 4,6	4 3,5	3 4,4	3 3,6	3 4,8	63	62,9
3	8 7,1	6 6,2	4 5,1	7 6,9	4 6,0	7 5,4	4 6,0	6 4,7	1 3,6	8 4,5	3 3,7	6 4,9	64	64,1
4	5 5,3	3 4,7	7 3,8	4 5,1	7 4,5	3 4,0	3 4,5	1 3,5	3 2,7	3 3,4	2 2,7	7 3,6	48	47,8
5	8 7,1	7 6,2	5 5,1	6 6,9	10 6,0	4 5,4	7 6,0	3 4,7	4 3,6	4 4,5	4 3,7	2 4,9	64	64,1
6	7 8,2	7 7,2	4 5,9	5 7,9	7 7,0	4 6,2	9 7,0	8 5,4	6 4,1	5 5,2	7 4,2	5 5,6	74	73,9
7	6 7,8	5 6,8	6 5,6	9 7,5	10 6,6	4 5,9	5 6,6	5 5,1	1 3,9	6 4,9	7 4,0	6 5,3	70	70,0
8	8 6,6	5 5,7	6 4,7	6 6,3	5,6	5 5,0	10 5,6	4 4,3	3 3,3	4 4,1	2 3,4	6 4,5	59	59,1
9	5 6,0	7 5,2	4 4,3	9 5,8	4 5,1	2 4,6	7 5,1	3 3,9	3 3,0	3 3,8	4 3,1	3 4,1	54	54,0
10	7 5,7	6 5,0	2 4,1	7 5,5	5 4,8	3 4,3	2 4,8	7 3,7	4 2,8	4 3,6	2 2,9	2 3,7	51	50,9
11	4 5,0	5 4,4	1 3,6	7 4,8	4 4,2	4 3,8	6 4,2	5 3,3	4 2,5	1 3,2	1 2,6	3 3,4	45	45,0
12	4 4,7	5 4,1	5 3,4	5 4,5	4 4,0	5 3,5	3 4,0	1 3,1	2 2,3	5 2,9	1 2,4	2 3,2	42	42,1
	78	68	56	75	66	59	66	51	39	49	40	53	700	700,0

Tabelle 8

2.-3. Geburt: Korrelation zwischen Datum der 2. Geburt und Kreiszeitdistanz 2.–3. Geburt
Oben: χ^2-Werte; unten: empirische Frequenzen (1. Kolonne) und Erwartungswerte (2. Kolonne)

Kalendermonat 2. Geburt	Kreiszeitdistanz 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	χ^2	
1	0,007	0,030	0,078	0,507	0,557	0,300	0,003	0,500	0,417	0,544	0,926	0,056	3,925	
2	0,999	5,653	0,507	2,450	0,507	1,500	1,800	2,314	0,544	0,426	0,247	0,457	17,404	
3	0,014	0,002	0,800	0,232	0,200	0,277	1,230	1,961	0,261	0	0,010	0,002	4,989	
4	0,016	0,017	0,500	0,064	1,389	0,019	0,208	0,036	1,157	0,711	1,274	0,582	5,973	
5	0	0,346	1,136	1,393	0,409	0,064	1,126	0,363	0,106	1,536	0,426	1,067	7,972	
6	0,006	0,110	1,961	0,002	0,165	0,237	0,771	0,300	1,165	0,926	4,100	0,300	10,043	
7	0,038	0,198	0,002	2,025	0,159	0,363	0,036	0,159	1,013	0,295	2,627	0,159	7,074	
8	0,198	0,928	2,133	0,167	0,300	0,237	0,771	0,360	0	2,063	1,076	0,615	8,848	
9	0,167	0,457	0,360	0,612	0,104	3,200	0,880	1,470	3,000	0,457	1,000	0,035	11,742	
10	0,006	0,110	0,737	1,265	1,961	0,123	1,152	3,008	0,003	0,208	3,710	0,133	12,416	
11	1,911	0,319	0,500	0,350	0,500	2,913	0,926	4,809	1,157	1,878	0,853	0,082	16,198	
12	1,652	0,110	1,716	0,006	0,737	0,008	1,867	0,133	0,390	4,310	2,051	0,300	13,280	
	5,014	8,280	10,430	9,073	6,988	9,241	10,770	15,413	9,213	13,354	18,300	3,788	119,864	
1	6 5,8	5 5,4	4 4,6	4 5,7	3 4,6	6 4,8	4 3,9	6 4,5	4 2,9	5 3,6	2 3,9	5 4,5	54	54,2
2	10 7,3	13 6,8	4 5,7	3 7,2	4 5,7	9 6,0	2 5,0	2 5,6	5 3,6	6 4,6	6 4,9	4 5,6	68	68,0
3	6 6,3	6 5,9	7 5,0	5 6,2	4 5,0	4 5,2	2 4,3	8 4,9	4 3,1	4 4,0	4 4,2	5 4,9	59	59,0
4	6 5,7	5 5,3	3 4,5	5 5,6	7 4,5	5 4,7	3 3,9	4 4,4	1 2,8	2 3,6	6 3,8	6 4,4	53	53,2
5	7 7,0	5 6,5	3 5,5	10 6,9	4 5,5	5 5,6	7 4,7	4 5,4	4 3,4	7 4,4	6 4,6	3 5,4	65	64,9
6	6 6,2	5 5,8	8 4,9	6 6,1	4 4,9	4 5,1	6 4,2	6 4,8	5 3,1	2 3,9	4,1	6 4,8	58	57,9
7	6 6,5	5 6,1	5 5,1	10 6,4	6 5,1	4 5,4	4 4,4	6 5,1	5 3,2	3 4,1	1 4,4	6 5,1	61	60,9
8	5 6,1	8 5,7	8 4,8	5 6,0	6 4,8	4 5,1	6 4,2	6 4,7	3 3,0	1 3,8	2 4,1	3 4,7	57	57,0
9	5 6,0	4 5,6	6 4,7	4 5,9	4 4,7	9 5,0	6 4,1	2 4,6	3,0	5 3,7	6 4,0	5 4,6	56	55,9
10	6 6,2	5 5,8	3 4,9	9 6,2	8 4,9	6 5,2	2 4,2	1 4,8	3 3,1	3 3,9	8 4,1	4 4,8	58	58,1
11	9 5,7	4 5,3	6 4,5	7 5,6	6 4,5	1 4,7	2 3,9	9 4,4	1 2,8	1 3,6	2 3,8	5 4,4	53	53,2
12	3 6,2	5 5,8	2 4,9	6 6,2	3 4,9	5 5,2	7 4,2	4 4,8	2 3,1	8 3,9	7 4,1	6 4,8	58	58,1
	75	70	59	74	59	62	51	58	37	47	50	58	700	700,4

$\nu = (12-1)^2 = 121.$
$P \sim 0{,}5.$
(0,05-Schranke für Zeilen- oder Kolonnentotale 19,675.)

Tabelle 9

Korrelation zwischen den Kreiszeitdistanzen der 1. 2. Geburt und der 2. 3. Geburt
Oben: χ^2-Werte; unten: empirische Frequenzen (1. Kolonne) und Erwartungswerte (2. Kolonne)

Kreiszeitdistanz 2. 3. Geb.	Kreiszeitdistanz 1. 2. Geburt 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	χ^2
0	0,805	0,396	0	0	0,114	1,729	0,508	0,409	1,152	0,623	0,114	1,279	7,129
1	0,082	2,594	1,207	0,300	0,297	0,205	0,055	0,237	2,464	0,165	1,000	0,017	8,623
2	1,752	0,016	0,019	0,116	2,314	0,800	0,029	0,393	1,603	2,051	1,988	2,722	13,803
3	0,395	0,006	1,425	0,153	1,286	0,232	0,571	0,474	0,295	0,123	1,152	2,064	8,176
4	0,024	5,700	1,126	0,268	0,350	3,200	2,314	3,184	0,027	0,295	0,753	0,500	17,741
5	0,175	0,167	0,200	0,055	0,559	0,123	0,834	0,500	3,500	0,114	0,071	1,551	7,849
6	0,507	0,165	2,344	1,136	2,133	0,672	0,675	0,457	0,014	1,878	1,245	2,464	13,690
7	0,346	0,064	0,426	0,232	0,045	0,900	0,045	0,343	0,200	0,198	0,027	0,445	3,271
8	0,002	0,047	1,333	0,250	0,071	0,003	1,786	0,033	0,576	0,985	0,005	6,300	11,391
9	0,623	0,426	0,011	0	0,036	2,250	1,309	0,106	2,215	0,027	0,181	0,044	7,228
10	1,207	0,002	0,250	2,400	2,317	1,152	0,417	0,044	1,157	0,643	0,279	0,168	10,036
11	3,115	0,350	1,252	2,845	1,136	0,900	1,136	0,343	0,450	0,198	2,209	0,581	14,515
	9,033	9,933	9,593	7,755	10,658	12,166	9,679	6,523	13,653	7,300	9,024	18,135	123,452
0	11 8,4	9 7,3	6 6,0	8 8,0	8 7,1	3 6,3	9 7,1	4 5,5	2 4,2	7 5,2	5 4,3	3 5,7	75 75,1
1	7 7,8	11 6,8	3 5,6	6 7,5	8 6,6	7 5,9	6 6,6	4 5,1	7 3,9	4 4,9	2 4,0	5 5,3	70 70,0
2	10 6,6	6 5,7	5 4,7	9 6,3	2 5,6	3 5,0	6 5,6	3 4,3	1 3,3	7 4,1	6 3,4	1 4,5	59 59,1
3	10 8,2	7 7,2	3 5,9	9 7,9	4 7,0	5 6,2	9 7,0	7 5,4	3 4,1	6 5,2	2 4,2	9 5,6	74 73,9
4	7 6,6	5,7	7 4,7	5 6,3	7 5,6	9 5,0	2 5,6	8 4,3	3 3,3	3 4,1	5 3,4	3 4,5	59 59,1
5	8 6,9	5 6,0	4 5,0	6 6,6	4 5,8	6 5,2	8 5,8	3 4,5	7 3,5	5 4,3	4 3,5	2 4,7	62 61,8
6	4 5,7	4 4,9	1 4,1	8 5,5	8 4,8	6 4,3	3 4,8	5 3,7	3 2,8	1 3,6	1 2,9	7 3,9	51 51,0
7	5 6,5	5 5,6	6 4,6	5 6,2	6 5,5	7 4,9	6 5,5	3 4,2	4 3,2	5 4,1	3 3,3	3 4,4	58 58,0
8	4 4,1	3 3,4	5 3,0	3 4,0	4 3,5	3 3,1	1 3,5	3 2,7	1 2,1	1 2,6	2 2,1	7 2,8	37 36,9
9	7 5,2	6 4,6	4 3,8	5 5,0	4 4,4	1 4,0	2 4,4	4 3,4	5 2,6	3 3,3	2 2,7	4 3,6	47 47,0
10	3 5,6	5 4,9	5 4,0	9 5,4	8 4,7	2 4,2	6 4,7	4 3,6	1 2,8	2 3,5	2 2,9	3 3,8	50 50,1
11	2 6,5	7 5,6	7 4,6	2 6,2	3 5,5	7 4,9	8 5,5	3 4,2	2 3,2	5 4,1	6 3,3	6 4,4	58 58,0
	78	68	56	75	66	59	66	51	39	49	40	53	700 700,0

$\nu = (12-1)^2 - 121.$
$0{,}4 < P < 0{,}5.$

schied zwischen einer gleichverteilten Polynomialverteilung und jener der Kreiszeitdistanzen. Die kleineren Kreiszeitabstände sind häufiger, besonders ausgesprochen die Abstände 0 bis 3. Wenn z. B. die 1. Geburt im Februar erfolgte, fällt die 2. Geburt mit höherer Wahrscheinlichkeit in die Nachbarschaft des Monats Februar des nächsten Jahres.

Ist die Mischung Kalendermonat mit Kalendermonat stochastisch nicht unabhängig, so erfolgt doch andererseits die Mischung Kalendermonat der vorausgegangenen Geburt mit der Kreiszeitdistanz zur folgenden Geburt rein zufällig. Dies geht aus den Tabellen 7 und 8 hervor, die keinen Zusammenhang zwischen Kalenderdatum und Kreiszeitdistanz zeigen. Damit gilt die Schlußfolgerung der Hypothese 2 auch bei *nicht zufälliger* Mischung der Kalendermonate: *Jahreszeitliche Einflüsse sind nicht der Grund der beobachteten Ballung.*

Hypothese 3

Wir nehmen nun die empirischen Kreiszeitverteilungen 1.–2. Geburt und 2.–3. Geburt als Ausgangsbasis und vermuten eine unabhängige Mischung dieser beiden Verteilungen. In diesem Falle ist die Ballung nicht das Resultat

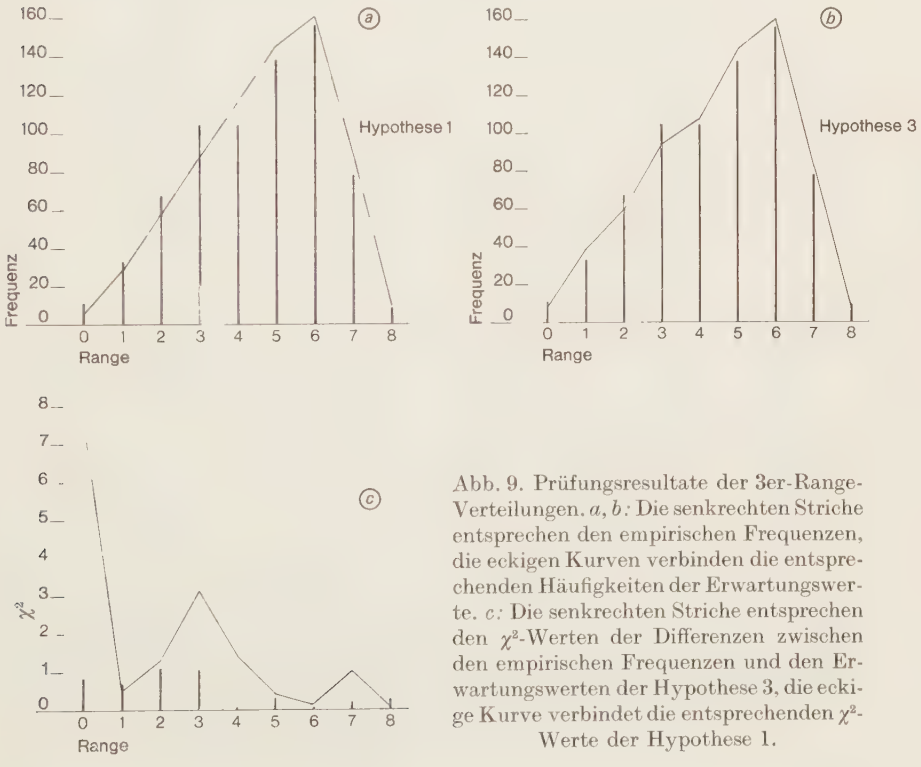


Abb. 9. Prüfungsresultate der 3er-Range-Verteilungen. *a, b:* Die senkrechten Striche entsprechen den empirischen Frequenzen, die eckigen Kurven verbinden die entsprechenden Häufigkeiten der Erwartungswerte. *c:* Die senkrechten Striche entsprechen den χ^2-Werten der Differenzen zwischen den empirischen Frequenzen und den Erwartungswerten der Hypothese 3, die eckige Kurve verbindet die entsprechenden χ^2-Werte der Hypothese 1.

eines *einer* Familie eigentümlichen Einflusses, sondern das Resultat eines allgemeinen für *alle* Familien gültigen Gesetzes. Tabelle 9 zeigt keinen Widerspruch zu dieser Hypothese, dementsprechend ist das Resultat der Tabelle 10: Die nach Hypothese 3 gebildeten Erwartungswerte der xy-Komponenten und der Ranges lassen sich von den empirischen nicht mehr unterscheiden. In Abb. 9 sind die Prüfungsresultate der Hypothesen 1 und 3 einander gegenübergestellt. Die Unterschiede sind erheblich, was besonders aus Abb. 9c hervorgeht.

Tabelle 10

Vergleich der empirischen xy-Komponenten und der 3er-Ranges mit Erwartungswerten, die auf Grund einer unabhängigen Mischung der empirischen Kreiszeitdistanzen der 1.–2. Geburt mit jenen der 2.–3. Geburt errechnet wurden

xy					R_3					
xy	700 E(xy) **	E(xy)	Emp.	χ^2	R_3	E(R_3)	Emp.	χ^2	Haldane Diff.[1]	Haldane O[1]
00	5850	8.36	11	0.833	0	8.36	11	0.833	+	1*
01	26713	38.16	33	0.698	1	38.16	33	0.698	—	2
11	20409	29.16	32	0.277	2	58,96	67	1,096	+	3*
02	20862	29.80	35	0.907						
12	40033	57.19	61	0.254	3	94.17	104	1,026	+	4*
03	25889	36.98	43	0.980						
22	15337	21.91	26	0.763	4	107.02	104	0.085	0	5
13	39470	56.39	50	0.724						
04	20106	28.72	28	0,018						
23	38521	55.03	49	0.661	5	144.61	138	0.302	—	6
14	38515	55.02	59	0.288						
05	24194	34.56	30	0.602						
33	22163	31.66	32	0.004	6	159.13	156	0.062	0	7
24	34409	49.16	40	1.707						
15	42527	60.75	68	0.865						
06	12294	17.56	16	0.139						
25	18439	26.34	23	0.424	7	81,96	78	0,191	—	8
34	38932	55.62	55	0.007						
44	5337	7,62	9	0.250	8	7,62	9	0,250	+	9*
	490000	699.99	700	10,401		699.99	700	4,543		17*

χ^2-Test: $\nu = 19-1 = 18$; $0{,}9 < P < 0{,}95$.

** Produkt der empirischen Frequenzen in Tabelle 6. Zum Beispiel: 700 E (00) = 78 × 75.

χ^2-Test: $\nu = 9-1 = 8$; $0{,}8 < P < 0{,}9$.

Haldane-Test über zufällige Reihenfolge:
[1] Siehe Fuß der Tabelle 3.
* Total = 17; $n_1 = 4$, $n_2 = 5$.
$c = 0{,}466...$; $P = 0{,}641$.

Warum sind die Kreiszeitabstände so ungleich verteilt? Intuitiv läßt sich dies aus Abb. 6 ersehen: Die *linearen Zeitabstände* sind sehr linksschräg verteilt. Wickelt man diese Verteilungen auf dem Zeitkreis auf (siehe Beispiel in Abb. 10), so erhält man die entsprechenden Kreiszeitverteilungen, wie sie in Tabelle 5 zahlenmäßig und in Abb. 7 und 8 graphisch dargestellt sind. *Die Verteilung der linearen Zeitabstände zwischen zwei einander folgenden Geburten ist somit der Grund der beobachteten Ballung.* Diese zwei Verteilungen seien deshalb zum Schluß noch näher untersucht.

Auf Grund von χ^2-Testen lassen sich zwischen 1.–2. Geburt und 2.–3. Geburt sowohl die empirischen Verteilungen der linearen Zeitabstände in Monatsgruppen ($P \sim 0{,}3$) als auch die der Kreiszeitabstände ($P \sim 0{,}995$) nicht voneinander unterscheiden (Tabelle 5).

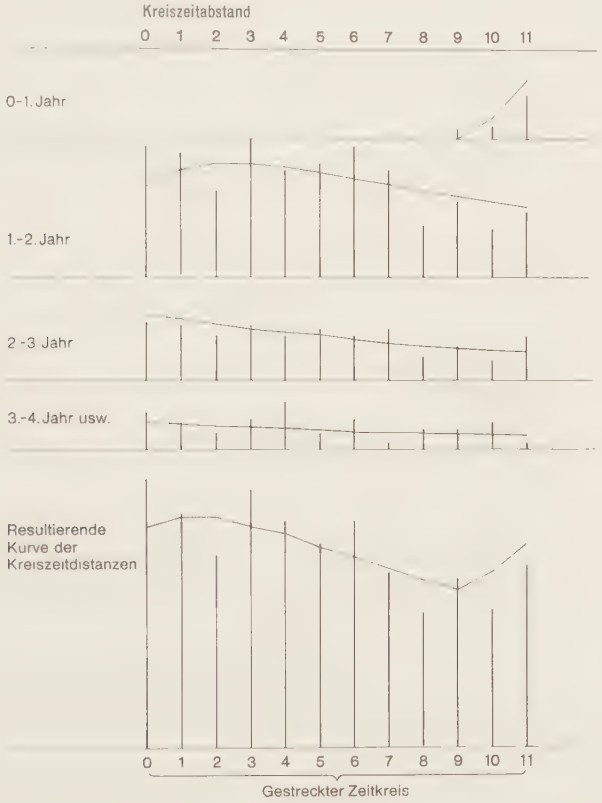


Abb. 10. Aufwicklung der linearen Zeitabstände zwischen der 1. und 2. Geburt auf den Zeitkreis. Um die Übersichtlichkeit zu vergrößern, ist der Zeitkreis als Gerade zwischen den Kreiszeitdistanzen 0–11 dargestellt. Die senkrechten Striche entsprechen den empirischen Frequenzen, die Kurven den Häufigkeiten, die aus der angepaßten logarithmischen Normalverteilung errechnet wurden.

Tabelle 11

Vergleich der angepaßten Normalverteilungen der Variabeln $z = \log(x - 9)$ mit den empirischen (logarithmische Gruppenbreite = 0,1)

z	Linearer Zeitabstand 1.–2. Geburt (x in Monaten)						Linearer Zeitabstand 2.–3. Geburt (x in Monaten)					
	c	$F(c)$	p_i	E_i	Emp.	χ^2	c	$F(c)$	p_i	E_i	Emp.	χ^2
			0,0114359	7,98	8	0,000			0,0080470	5,63	5	0,070
0,2	−2,2756	0,0114359					−2,4068	0,0080470				
			0,0096015	6,70	4	1,088			0,0069452	4,86	2	1,683
0,3	−2,0328	0,0210374					−2,1703	0,0149922				
			0,0156977	10,96	14	0,843			0,0115842	8,11	6	0,549
0,4	−1,7899	0,0367351					−1,9337	0,0265764				
			0,0241985	16,89	21	1,000			0,0182386	12,77	14	0,601
0,5	−1,5470	0,0609336					−1,6971	0,0448150				
			0,0351518	24,54	22	0,263			0,0272481	19,07	25	1,844
0,6	−1,3042	0,0960854					−1,4606	0,0720631				
			0,0481928	33,64	35	0,055			0,0384157	26,89	32	0,971
0,7	−1,0613	0,1442782					−1,2240	0,1104788				
			0,0622878	43,48	41	0,141			0,0512223	35,86	38	0,128
0,8	−0,8184	0,2065660					−0,9875	0,1617011				
			0,0758772	52,96	51	0,073			0,0646563	45,26	47	0,067
0,9	−0,5756	0,2824432					−0,7509	0,2263574				
			0,0872384	60,89	75	3,270			0,0771659	54,02	57	0,164
1,0	−0,3327	0,3696816					−0,5143	0,3035233				
			0,0945018	65,96	54	2,169			0,0870989	60,97	46	3,676
1,1	0,0899	0,4641834					−0,2777	0,3906222				

			0,0966168	67,44	63	0,292			0,0929462	65,06	69	0,239
1,2	0,1530	0,5608002					0,0412	0,4835684				
			0,0931086	64,99	58	0,752			0,0938907	65,72	58	0,907
1,3	0,3959	0,6539088					0,1954	0,5774591				
			0,0845810	59,04	59	0,000			0,0896690	62,77	59	0,226
1,4	0,6387	0,7384898					0,4320	0,6671281				
			0,0725120	50,61	65	4,092			0,0809953	56,70	60	0,192
1,5	0,8816	0,8110018					0,6686	0,7481234				
			0,0585948	40,90	33	1,526			0,0691674	48,42	44	0,403
1,6	1,1245	0,8695966					0,9051	0,8172908				
			0,0446356	31,16	29	0,150			0,0559181	39,14	35	0,438
1,7	1,3673	0,9142322					1,1417	0,8732089				
			0,0320906	22,40	24	0,114			0,0427342	29,91	39	2,763
1,8	1,6102	0,9463228					1,3783	0,9159431				
			0,0217346	15,17	23	4,041			0,0308777	21,61	28	1,890
1,9	1,8530	0,9680574					1,6148	0,9468208				
			0,0138960	9,70	11	0,174			0,0211224	14,79	18	1,551
2,0	2,0959	0,9819534					1,8514	0,9679432				
			0,0083734	5,84	4	0,580			0,0136571	9,56	10	0,020
2,1	2,3388	0,9903268					2,0880	0,9816003				
			0,0096732	6,75	4	1,120			0,0183997	12,88	8	1,849
			1,0000000	698,00	698	21,743			1,0000000	700,00	700	20,231

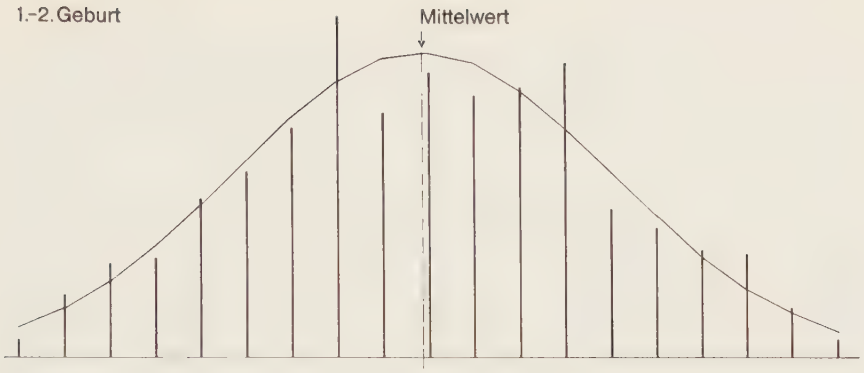
$\nu = 21-3 = 18.$ $0{,}2 < P < 0{,}3.$
$\bar{z} = 1{,}1370.$ $s_z = 0{,}411754.$

$\nu = 21-3 = 18.$ $0{,}3 < P < 0{,}4.$
$z = 1{,}2174.$ $s_z = 0{,}422702.$

Tabelle 12

Vergleich der angepaßten logarithmischen Normalverteilungen mit den empirischen (Jahresgruppen)

Jahre	Linearer Zeitabstand 1. 2. Geburt						Linearer Zeitabstand 2. 3. Geburt					
	c	$F(c)$	p_i	E_i	Emp.	χ^2	c	$F(c)$	p_i	E_i	Emp.	χ^2
0–1			0,0363287	25,43	20	1,159			0,0262696	18,39	11	2,970
	1,7950	0,0363287					-1,9387	0,0262696				
1–2			0,4873147	341,12	342	0,002			0,4210253	294,72	298	0,037
	0,0593	0,5236434					0,1325	0,4472949				
2–3			0,2328575	163,00	154	0,497			0,2395386	167,68	164	0,081
	0,6951	0,7565009					0,4869	0,6868335				
3–4			0,1054653	73,83	85	1,690			0,1212339	84,86	83	0,041
	1,0892	0,8619662					0,8708	0,8080674				
4–5			0,0535119	37,46	33	0,531			0,0667570	46,73	44	0,159
	1,3753	0,9154781					1,1495	0,8748244				
5–6			0,0297446	20,82	25	0,839			0,0396121	27,73	36	2,466
	1,6002	0,9452227					1,3686	0,9144364				
6–7			0,0176854	12,38	17	1,724			0,0248840	17,42	18	0,116
	1,7855	0,9629081					1,5491	0,9393204				
7–8			0,0110766	7,75	10	0,653			0,0163379	11,44	18	3,762
	1,9429	0,9739847					1,7024	0,9556583				
8–9			0,0072525	5,08	4	0,230			0,0111463	7,80	9	0,184
	2,0800	0,9812372					1,8358	0,9668047				
>9			0,0187628	13,13	10	0,980			0,0331953	23,24	19	0,774
			1,0000000	700,00	700	8,305			1,0000000	700,01	700	10,590
	$v = 10 - 3 = 7$.		$0,3 < P < 0,4$.				$v = 10 - 3 = 7$.		$0,1 < P < 0,2$.			



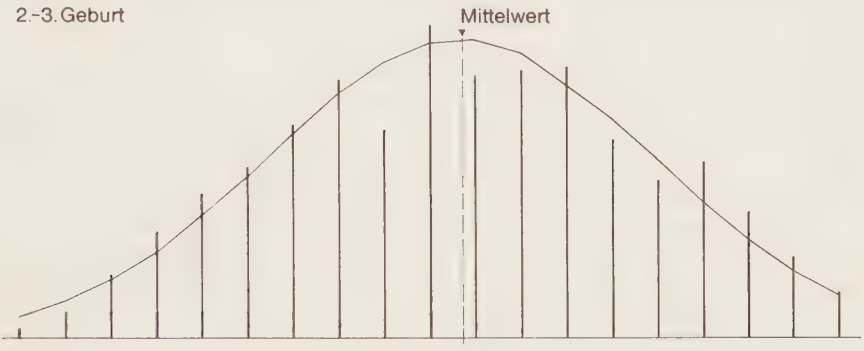


Abb. 11 und 12. Verteilungen der Variabeln $z = \log (x—9)$. Die senkrechten Striche entsprechen den empirischen Frequenzen, die Kurven den Häufigkeiten der angepaßten Normalverteilungen.

Abb. 13. Vergleich der beiden angepaßten Normalverteilungen.

Durch die Transformation

$$z = \log (x-9)$$

(wobei x = linearer Zeitabstand) werden die schrägen Verteilungen der linearen Zeitabstände (Abb. 6) in symmetrische Normalverteilungen (Abb. 11 und 12) übergeführt.

Die Differenz «Linearer Zeitabstand minus 9 Monate», d. h. die Zeitspanne zwischen der vorausgehenden Geburt und der Zeugung des darauffolgenden Kindes, ist sonst logarithmisch normal verteilt[1]. Der schwache Punkt dieser Transformation liegt in der Schätzung des Subtrahenden, d. h. des *Nullpunktes* oder *Schwellenwertes* dieser logarithmischen Normalverteilung. Die Zahl 9, entsprechend den 9 Monaten einer normalen Schwangerschaft, liegt nahe, doch wurde das gesamte Material auch den Transformationen (und entsprechenden Umgruppierungen) log $(x-8)$ und log $(x-10)$ unterzogen[2]. Die so erhaltenen Verteilungen unterscheiden sich mit einer Signifikanz von 0.01 bzw. 0,05 von den empirischen. Bei der Berechnung der Freiheitsgrade der Anpassungsteste haben wir den Subtrahenden in $(x-9)$ nicht als geschätzten Parameter, sondern als gegebene Konstante betrachtet. Mit der Transformation $z = \log (x-9)$ lassen sich gut angepaßte Normalverteilungen erhalten (vgl. Abb. 11 und 12). Sie unterscheiden sich statistisch nicht mehr von den empirischen, weder in der Gruppierung nach den transformierten Variabeln z (Tabelle 11 und Abb. 11 und 12) noch in der Gruppierung der rücktransformierten Variabeln (9 + antilog z) nach Jahren (Tabelle 12) oder Monaten (vgl. den Kurvenverlauf von Abb. 6).

Die Parameter dieser Normalverteilungen sind:

	Linearer Zeitabstand		
	Mittelwert der transformierten Variabeln $\bar{z}$	Standardabweichung mit Sheppardscher Korrektur s_z	Median des rücktransformierten linearen Zeitabstandes (Monate) $9 + \text{antilog } \bar{z}$
1.–2. Geburt	1,1370	0,411754	22,7
2.–3. Geburt	1,2174	0,422702	25,5

[1] In der Literatur findet sich eine logarithmische Normalverteilung mit geschätztem Nullpunkt z. B. als Zitat bei Hald. Es handelt sich um das Heiratsalter vormals unverheirateter Frauen in Schweden. Der Nullpunkt dieser ebenfalls sehr linksschrägen Verteilung liegt bei 16 Jahren (vorher sind Heiraten gesetzlich verboten). Siehe dazu auch Aitchison und Brown.

[2] Vgl. auch Karn. Aus dem von ihm verarbeiteten umfangreichen Material ergibt sich ein ziemlich stabiler Mittelwert zwischen 9,11 und 9,24 Monaten, mit einer Standardabweichung von 0,56 Monat.

Tabelle 13

Vergleich der aus den angepaßten logarithmischen Normalverteilungen errechneten Kreiszeitdistanzen mit den empirischen

Distanz	1.–2. Geburt			2.–3. Geburt		
	E	Emp.	χ^2	E	Emp.	χ^2
0	64,99	78	2,604	62,40	75	2,544
1	67,45	68	0,004	64,81	70	0,416
2	66,98	56	1,800	64,92	59	0,540
3	65,22	75	1,467	64,00	74	1,563
4	62,41	66	0,207	61,66	59	0,115
5	59,34	59	0,002	59,76	62	0,084
6	55,76	66	1,881	57,06	51	0,644
7	52,59	51	0,048	54,55	58	0,218
8	49,20	39	2,115	51,80	37	4,229
9	46,26	49	0,162	49,23	47	0,101
10	50,06	40	2,022	51,43	50	0,040
11	59,74	53	0,760	58,40	58	0,003
	700,00	700	13,072	700,02	700	10,497
	$0{,}1 < P < 0{,}2$.			$P \sim 0{,}3$.		
	$\nu = 12-3 = 9$.			$\nu = 12-3 = 9$.		

Wickelt man diese logarithmischen Normalverteilungen der linearen Zeitabstände zwischen 1.–2. Geburt bzw. 2.–3. Geburt auf dem Zeitkreis ab[1], so erhält man die Kreiszeitabstände, die in Abb. 7, 8 und 10 als Kurven dargestellt sind. Wie Tabelle 13 zeigt, ist die Übereinstimmung zwischen den angepaßten Kreiszeitabständen und den empirischen recht gut.

Abb. 13 zeigt die sehr große Ähnlichkeit der beiden Verteilungen der transformierten linearen Zeitabstände. In ihrer *Form* sind sie auf Grund der Standardabweichungen nicht zu unterscheiden ($F = 1{,}027$, $\nu_1 = 699$, $\nu_2 = 697$), differieren aber in der Lage ihres Mittelwertes ($P < 0{,}0001$).

Da die transformierten linearen Zeitabstände normal verteilt sind, haben wir die Möglichkeit, die Hypothese 3 mit dem Pearsonschen Korrelationskoeffizienten nachzukontrollieren. Zur Kontrolle wurde dieser auf Grund des ungruppierten transformierten Materials berechnet (Freiheitsgrad $\nu = 698$). Er beträgt 0,0153 und unterscheidet sich nicht von Null ($P \sim 0{,}7$).

[1] Nach der uns zugänglichen Literatur und nach Batschelet (persönliche Mitteilung, 1966) sind bisher noch keine auf dem Kreis abgewickelten logarithmischen Normalverteilungen beschrieben worden. Leider lassen sich diese Funktionen mathematisch nicht befriedigend behandeln, weil das die trigonometrischen Momente (komplexe Fourier-Koeffizienten) erzeugende Integral (nach Levi) mit bekannten Funktionen nicht ausgewertet werden kann (nach Prof. Tatsuo Kawata, einem Experten für Fourier-Integrale).

Die linearen Zeitabstände (damit auch die Kreiszeitabstände) der 1.–2. Geburt und der 2.–3. Geburt mischen sich somit stochastisch unabhängig. Abb. 14 illustriert dies anschaulich, obschon Körnungseffekte bei den kleineren Abständen das Bild etwas verschlechtern.

Der biologische Grund der logarithmischen Normalverteilungen der linearen Zeitabstände der 1.–2. Geburt und der 2.–3. Geburt dürfte darin liegen, daß die meisten Ehepaare ihre Geburten möglichst schnell hinter sich bringen wollen und daß der Zeugungsimpuls, während der Schwangerschaft zur Enthaltsamkeit gezwungen, nach einer Geburt besonders intensiv zum Ausdruck kommt.

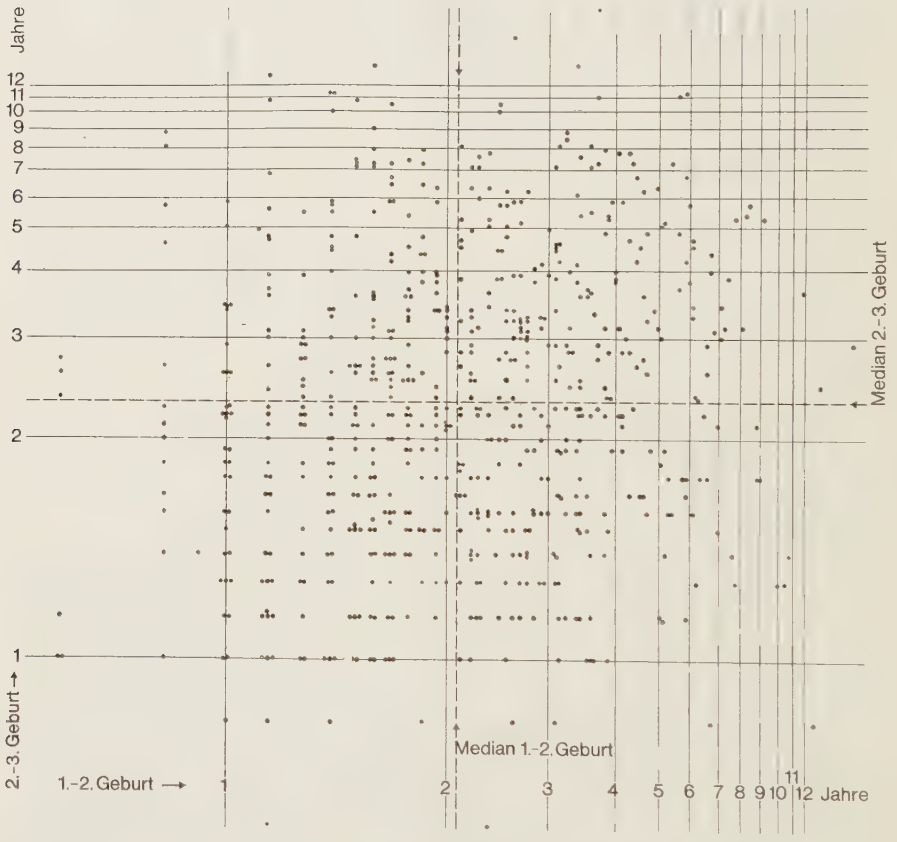


Abb. 14. Korrelation der transformierten linearen Zeitabstände 1.–2. Geburt und 2.–3. Geburt.

Zusammenfassung

Die Vermutung einer Verdichtung der monatlichen Geburtsdaten innerhalb der Familie besteht zu Recht. Diese Ballung wird aber weder durch kosmische Einflüsse noch durch Kräfte bewirkt, die einer Familie eigentümlich sind. Die Ursache besteht mit großer Wahrscheinlichkeit darin, daß die linearen Zeitabstände zwischen der 1.–2. Geburt sich mit jenen der 2.–3. Geburt zufällig mischen, einer Regel, die allgemein für alle Familien gilt.

Mit den angepaßten, auf den Zeitkreis abgewickelten logarithmischen Normalverteilungen dieser linearen Zeitabstände lassen sich die beobachteten empirischen Verteilungen der Kreiszeitabstände statistisch nicht mehr unterscheidbar rekonstruieren. Der biologische Grund zur logarithmischen Verteilung der linearen Zeitabstände zwischen zwei aufeinanderfolgenden Geburten besteht wohl darin, daß der während der Schwangerschaft zur Enthaltsamkeit gezwungene Zeugungsimpuls nach der Geburt besonders intensiv zur Wirkung kommt und daß die meisten Ehepaare ihre Geburten möglichst schnell hinter sich bringen wollen.

Die Untersuchung stützt sich auf Angaben aus 700 Familien mit wenigstens 3 Kindern aus dem Zeitraum 1962–1963.

Aitchison J. und Brown J. A. C.: The lognormal distribution. Cambridge University Press 1966.

Batschelet E.: Statistical methods for the analysis of problems in animal orientation and certain biological rhythms. Washington 1965.

Benelli A. und Mariotti G. F.: Variazioni mensili, lunari e orarie della frequenza dei parti. Riv. ital. Ginec. *47*, 49 (1963).

Bloch S.: Versuche über den Einfluß von Belichtung und Verdunkelung auf die Genitalfunktion der Maus. Rev. suisse Zool. *71*, 687 (1964).

Fasler S.: Die Stunde der Geburt. Francke, Bern 1951.

Hald A.: Statistical theory with engineering applications. Wiley, New York 1952. S. 179.

Haldane J. B. S. und Smith C. A. B.: A simple exact test for birth-order effect. Ann. Eugen. (Lond.) *14*, 117–124 (1948).

Karn M. N.: Length of human gestation with special reference to prematurity. Ann. Eugen. (Lond.) *14*, 44–59 (1948).

Marshall F. H. A.: siehe Parkes A. S.

Parkes A. S. (Hrsg.): Marshall's physiology of reproduction. 3 Bände, Longmans, London 1960–1966.